

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
22 juillet 2004 (22.07.2004)

PCT

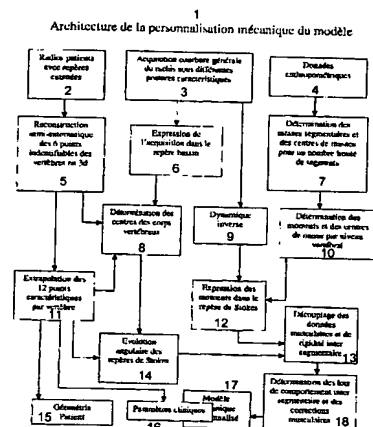
(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/061721 A3

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G06F 17/50
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/003943
- (22) Date de dépôt international : 30 décembre 2003 (30.12.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 02/16846 30 décembre 2002 (30.12.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : AXS INGENIERIE [FR/FR]; 120, boulevard Amiral Mouchez, F-76085 Le Havre Cedex (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : EL-BAROUDI, Fouad [FR/FR]; 14, rue d'Épernon, F-76600 Le Havre (FR).
- (74) Mandataires : BREESE, Pierre etc.; Breesé-Majerowicz, 3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).
- (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR BIOMECHANICALLY SIMULATING A SET OF OSSEOUS JOINTS

(54) Titre : PROCÉDE DE SIMULATION BIOMÉCANIQUE D'UN ENSEMBLE D'ARTICULATIONS OSSEUSES



- 1...ARCHITECTURE OF A MODEL MECHANICAL PERSONALISATION
- 2...X-RAY PICTURES OF PATIENTS WITH CUTANEOUS MARKS
- 3...ACQUISITION OF GENERAL CURVATURE OF A VERTEBRAL COLUMN AT DIFFERENT CHARACTERISTIC POSITIONS
- 4...ANTHROPOMETRIC DATA
- 5...SEMI-AUTOMATIC RECONSTITUTION OF 6 THREE-DIMENSIONAL IDENTIFIABLE VERTEBRAL POINTS
- 6...EXPRESSION OF AN ACQUISITION IN A PELVIS MARK
- 7...DETERMINATION OF SEGMENTAL MASSES AND A MASS CENTRE FOR A LIMITED NUMBER OF SEGMENTS
- 8...DETERMINATION OF VERTEBRAL BODY CENTRES
- 9...INVERTED DYNAMIC
- 10...DETERMINATION OF MOMENTS AND MASS CENTRES BY VERTEBRAL LEVEL
- 11...EXTRAPOLATION OF 12 CHARACTERISTIC POINTS FOR EACH VERTEBRA
- 12...EXPRESSION OF MOMENTS BY A STOKES REFERENCE POINT
- 13...UNCOUPLING MUSCULAR AND INTERSEGMENTAL RIGIDITY DATA
- 14...ANGULAR EVOLUTION OF STOKES REFERENCE POINTS
- 15...PATIENT GEOMETRY
- 16...CLINICAL PARAMETERS
- 17...PERSONALISED MECHANICAL MODEL
- 18...DETERMINATION OF INTERSEGMENTAL BEHAVIOUR LAWS AND OF MUSCULAR CORRECTIONS

making it possible to reproduce the measured relative positions for each pair of rigid bodies.

(57) Abstract: The invention relates to a method for biomechanically simulating a set of osseous joints of a patient, in particular rachis. The inventive method involves a step for recording a digital three dimensional model embodied at least partially in the form of rigid bodies interconnected by means of joints in a reference position, a step for personalising the model geometry by specific patient data in said reference position, a step for personalising said digital model by particularising interaction parameters [mobility or rigidity characteristics] of each joint which connects said rigid bodies according to detected patient characteristics. Said method is characterised in that the particularisation of the interaction parameters consists in obtaining the space positions of at least one part of the rigid bodies and in interpolating in order to determine the calculated position of other rigid bodies and to produce a numerical table containing the relative positions of each rigid body, applying at least one defined constraint to the patient and collecting information on the general balance position of said patient [other than the reference position], and in determining analytical functions which make it possible to approximate the interaction parameters, thereby

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/061721 A3



eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

13 janvier 2005

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

(57) **Abrége :** La présente invention concerne un procédé de simulation biomécanique d'un ensemble d'articulations osseuses d'un patient, notamment du rachis, comportant une étape d'enregistrement d'un modèle numérique tridimensionnel représentée au moins en partie par des corps rigides reliés par des articulations, dans une position de référence; une étape de personnalisation de la géométrie du modèle par des données spécifiques à un patient dans ladite position de référence; une étape de personnalisation dudit modèle numérique par particularisation des paramètres d'interaction [de mobilités ou caractéristiques de rigidité] de chacune des articulations reliant lesdits corps rigides en fonction des caractéristiques constatées sur le patient ; caractérisé en ce que l'étape de particularisation des paramètres d'interaction consiste à acquérir les positions dans l'espace d'une partie au moins des corps rigides, et à procéder à une interpolation pour déterminer la position calculée des autres corps rigides pour construire une table numérique comportant les positions relatives de chacun des corps rigides ; exercer au moins une contrainte déterminée sur le patient et à acquérir une information sur la position générale d'équilibre résultante du patient [autre que la position de référence]; déterminer des fonctions analytiques permettant d'approximer les paramètres d'interaction afin de reproduire les positions relatives mesurées, ce pour chaque couple de corps rigide.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, MEDLINE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>GUILLAUME MUSSEAU: "Personnalisation géométrique d'un modèle de colonne vertébrale pour un simulateur d'opération du rachis"</p> <p>RAPPORT DE STAGE, 20 September 2002 (2002-09-20), pages 1-47, XP002301694</p> <p>en particulier: 3ième paragraphe de la introduction; 3ième paragraphe de la page 19; chapitres: III.1 Méthode et programmation, III.3 Discussion, et Conclusion</p> <p>the whole document</p> <p>-----</p> <p>-/--</p>	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 October 2004

Date of mailing of the international search report

03/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lerbinger, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03943

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>AUBIN C-E ET AL: "MORPHOMETRIC EVALUATIONS OF PERSONALISED 3D RECONSTRUCTIONS AND GEOMETRIC MODELS OF THE HUMAN SPINE"  MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING, PETER PEREGRINUS LTD.  STEVENAGE, GB,  vol. 35, no. 6,  1 November 1997 (1997-11-01), pages  611-618, XP000723473  ISSN: 0140-0118  the whole document</p>	1-7
A	<p>ANDRE B ET AL: "OPTIMIZED VERTICAL STEREO BASE RADIOGRAPHIC SETUP FOR THE CLINICAL THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION OF THE HUMAN SPINE"  August 1994 (1994-08), JOURNAL OF BIOMECHANICS, PERGAMON PRESS, NEW YORK, NY, US, PAGE(S) 1023-1025,1027 ,  XP000997655  ISSN: 0021-9290  en particulier: chapitres: Introduction, Validation test on the calibration object,, Three-dimensional reconstructions of the spine for 0-5 to 0-30 vertical setups  the whole document</p>	1-7
A	<p>HAYASAKA T ET AL: "A MRI based semi-automatic modeling system for computational biomechanics simulation"  MEDICAL IMAGING AND AUGMENTED REALITY, 2001, INTERNATIONAL WORKSHOP ON 10-12 JUNE 2001, 10 June 2001 (2001-06-10), pages  282-285, XP010547543  voir notamment les paragraphes 1.  Introduction et 1.2. Quick modeling  paragraph  the whole document</p>	1-7
A	<p>GRÉALOU L ET AL: "Rib cage surgery for the treatment of scoliosis: a biomechanical study of correction mechanisms."  JOURNAL OF ORTHOPAEDIC RESEARCH: OFFICIAL PUBLICATION OF THE ORTHOPAEDIC RESEARCH SOCIETY. UNITED STATES SEP 2002,  vol. 20, no. 5, September 2002 (2002-09), pages 1121-1128, XP002256910  ISSN: 0736-0266  voir notamment le paragraphe "Patient-specific FEM model" à la page 1122  the whole document</p>	1-7

-/-

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03943

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 02/097735 A (KENT RIDGE DIGITAL LABS ;CHUI CHEE KONG (SG); NOWINSKI WIESLAW L ( ) 5 December 2002 (2002-12-05) the whole document</p> <p>-----</p>	1-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/03943

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02097735 A	05-12-2002	WO 02097735 A1	05-12-2002

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. de internationale No  
PCT/FR 03/03943

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G06F17/50

Selon la classification Internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G06F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, INSPEC, MEDLINE

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>GUILLAUME MUSSEAU: "Personnalisation géométrique d'un modèle de colonne vertébrale pour un simulateur d'opération du rachis"</p> <p>RAPPORT DE STAGE, 20 septembre 2002 (2002-09-20), pages 1-47, XP002301694</p> <p>en particulier: 3ième paragraphe de la introduction; 3ième paragraphe de la page 19; chapitres: III.1 Méthode et programmation, III.3 Discussion, et Conclusion</p> <p>le document en entier</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	1-7

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 octobre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/11/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lerbinger, K

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/03943

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>AUBIN C-E ET AL: "MORPHOMETRIC EVALUATIONS OF PERSONALISED 3D RECONSTRUCTIONS AND GEOMETRIC MODELS OF THE HUMAN SPINE"  MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING, PETER PEREGRINUS LTD.  STEVENAGE, GB,  vol. 35, no. 6,  1 novembre 1997 (1997-11-01), pages 611-618, XP000723473  ISSN: 0140-0118  le document en entier</p>	1-7
A	<p>ANDRE B ET AL: "OPTIMIZED VERTICAL STEREO BASE RADIOGRAPHIC SETUP FOR THE CLINICAL THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION OF THE HUMAN SPINE"  août 1994 (1994-08), JOURNAL OF BIOMECHANICS, PERGAMON PRESS, NEW YORK, NY, US, PAGE(S) 1023-1025,1027 , XP000997655  ISSN: 0021-9290  en particulier: chapitres: Introduction, Validation test on the calibration object,, Three-dimensional reconstructions of the spine for 0-5 to 0-30 vertical setups  le document en entier</p>	1-7
A	<p>HAYASAKA T ET AL: "A MRI based semi-automatic modeling system for computational biomechanics simulation"  MEDICAL IMAGING AND AUGMENTED REALITY, 2001, INTERNATIONAL WORKSHOP ON 10-12 JUNE 2001, 10 juin 2001 (2001-06-10), pages 282-285, XP010547543  voir notamment les paragraphes 1. Introduction et 1.2. Quick modeling paragraph  le document en entier</p>	1-7
A	<p>GRÉALOU L ET AL: "Rib cage surgery for the treatment of scoliosis: a biomechanical study of correction mechanisms."  JOURNAL OF ORTHOPAEDIC RESEARCH: OFFICIAL PUBLICATION OF THE ORTHOPAEDIC RESEARCH SOCIETY. UNITED STATES SEP 2002, vol. 20, no. 5, septembre 2002 (2002-09), pages 1121-1128, XP002256910  ISSN: 0736-0266  voir notamment le paragraphe "Patient-specific FEM model" à la page 1122  le document en entier</p>	1-7
	-/-	



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. de Internationale No

PCT/FR 03/03943

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------

A	<p>WO 02/097735 A (KENT RIDGE DIGITAL LABS ;CHUI CHEE KONG (SG); NOWINSKI WIESLAW L ( ) 5 décembre 2002 (2002-12-05) le document en entier</p> <p>-----</p>	1-7
---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs ..... membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/03943

Document brevet cité  
au rapport de recherche

Date de  
publication

Membre(s) de la  
famille de brevet(s)

Date de  
publication

WO 02097735

A

05-12-2002

WO

02097735 A1

05-12-2002